

Validacao de Constructo - AvaliaÃ§Ã£o

Liziane, Felipe Neres, Leandro Sampaio, Patricia

6 de julho de 2019

Introdução

Foi realizado um teste avaliativo para o curso de pós-graduação em estatística aplicada da turma de 2018-2019 na Universidade Cruzeiro do Sul. 11 alunos responderam a um questionário contendo 10 questões relativas a diferentes características do curso, sendo as respostas dispostas numa escala de 1 a 5, conforme segue:

1 - péssimo; 2 - ruim; 3 - padrão; 4 - bom; 5 - ótimo.

As questões foram convertidas em variáveis e separadas em três grandes características que foram representadas como fatores. As questões apresentadas no questionário foram nomeadas e agrupadas como segue:

ESTRUTURA

Recursos - “Como você avalia a disponibilidade de recursos em geral?”

Predial - “Como avalia a estrutura predial (prédio, acesso, segurança, comodidades)?”

ADM- “Como avalia a administração do curso?”.

CONHECIMENTO

Assimilado - “Como avalia o seu conhecimento assimilado do curso?”

Dominio.prof - “Como você avalia, de forma geral, o conhecimento dos professores?”

Grade - “Como você avalia a grade curricular do curso?”

Avaliacao - “Como você avalia a forma de avaliação das matérias do curso?”

COMODIDADE

Acesso - “Como você avalia o acesso ao local do curso?”

Horário - “Você acha os horários e carga horária adequadas?”

Periodicidade - “Como você avalia a periodicidade das aulas?”

Os testes realizados neste trabalho servirão para validar os constructos criados a priori, levando em conta que o questionário foi realizado apenas uma vez, não sendo possível prosseguir com validações que exigiriam mais matrizes de respostas.

1. Equivalencia

Inter-rater

```
setwd("D:/Documentos/Estatística/Aulas/2019-07-06 Validação de Construto/Avaliação")
```

Concordância entre os respondentes:

```
dados <-read.csv('satisfacao.csv', sep=';', dec=',')
cor(dados)
```

	Recurso	Predial	ADM	Assimilado	Dominio.prof
Recurso	1.0000000	0.6814833	0.6054528	0.5752707	0.4946657
Predial	0.6814833	1.0000000	0.6263288	0.7782896	0.5357584
ADM	0.6054528	0.6263288	1.0000000	0.3942110	0.1750752
Assimilado	0.5752707	0.7782896	0.3942110	1.0000000	0.1347151
Dominio.prof	0.4946657	0.5357584	0.1750752	0.1347151	1.0000000
Grade	0.6099190	0.7074663	0.3345930	0.8447506	0.3287980
Avaliacao	-0.3867935	-0.3891949	0.1642757	-0.3370804	-0.2085144
Acesso	0.5568472	0.5384062	0.3609368	0.8887355	-0.1221694
Horario	0.8055984	0.7258662	0.5120951	0.8544784	0.2666667
Periodicidade	0.4438202	0.6814833	0.6054528	0.6425896	0.1059998

	Grade	Avaliacao	Acesso	Horario	Periodicidade
Recurso	0.6099190	-0.38679346	0.5568472	0.8055984	0.44382022
Predial	0.7074663	-0.38919488	0.5384062	0.7258662	0.68148329
ADM	0.3345930	0.16427570	0.3609368	0.5120951	0.60545275
Assimilado	0.8447506	-0.33708039	0.8887355	0.8544784	0.64258956
Dominio.prof	0.3287980	-0.20851441	-0.1221694	0.2666667	0.10599979
Grade	1.0000000	-0.25709669	0.7330855	0.7808952	0.80160786
Avaliacao	-0.2570967	1.00000000	-0.2547409	-0.3231973	-0.02210248
Acesso	0.7330855	-0.25474090	1.0000000	0.8185353	0.55684721
Horario	0.7808952	-0.32319734	0.8185353	1.0000000	0.63069874
Periodicidade	0.8016079	-0.02210248	0.5568472	0.6306987	1.00000000

```
irr::agree(t(dados))
```

```
## Percentage agreement (Tolerance=0)
##
## Subjects = 10
## Raters = 11
## %-agree = 0
```

Algumas correlações entre as variáveis, embora altas, não indicam que uma mesma característica tenha sido medida por mais de uma questão. Já o percentual de concordância foi zero; logo, não há respostas idênticas entre os entrevistados.

Verificação da confiabilidade inter-rater:

```
psych::cohen.kappa(t(dados))
```

```
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 3 2
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 5 1
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 5 2
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 5 3
```

```

## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 5 4
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 8 4
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 8 6
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 9 1
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 9 2
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 9 3
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 9 4
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 9 5
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 9 8
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

```

```

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 11 4
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 11 6
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 11 8
## Warning in psych::cohen.kappa(t(dados)): No variance detected in cells 11 9
## Warning in cohen.kappa1(x1, w = w, n.obs = n.obs, alpha = alpha, levels =
## levels): upper or lower confidence interval exceed abs(1) and set to +/- 1.

##
## Cohen Kappa (below the diagonal) and Weighted Kappa (above the diagonal)
## For confidence intervals and detail print with all=TRUE
##      R1      R2      R3      R4      R5      R6      R7      R8      R9      R10
## R1    1.000  0.182 -0.200  0.133  0.203  0.500  0.143  0.444  1.6e-01  0.444
## R2    0.118  1.000  0.194  0.091  0.096  0.340  0.419  0.231  5.4e-02  0.012
## R3    0.063 -0.111  1.000  0.190  0.016  0.035  0.135  0.179 -2.2e-16 -0.279
## R4   -0.094  0.014  0.178  1.000  0.234  0.480  0.267  0.692  1.6e-01  0.158
## R5    0.111  0.000 -0.111  0.091  1.000  0.335  0.265  0.177  9.7e-01  0.076
## R6    0.265 -0.045  0.342  0.315  0.024  1.000  0.464  0.776  2.5e-01  0.272
## R7    0.143  0.107  0.231  0.306  0.101  0.167  1.000  0.211  2.7e-01 -0.022
## R8    0.167 -0.053  0.296  0.394  0.000  0.552  0.062  1.000  1.2e-01  0.322
## R9    0.130  0.072 -0.099  0.091  0.851  0.059  0.032  0.043  1.0e+00  0.053
## R10   0.667  0.103  0.153 -0.014  0.111  0.178  0.079  0.254  1.2e-01  1.000
## R11   0.118 -0.045  0.079  0.296  0.176  0.306  0.014  0.552  2.0e-01  0.178
##      R11
## R1    0.190
## R2    0.296
## R3    0.336
## R4    0.619
## R5    0.295
## R6    0.604

```

```
## R7 0.301
## R8 0.663
## R9 0.213
## R10 0.084
## R11 1.000
##
## Average Cohen kappa for all raters 0.15
## Average weighted kappa for all raters 0.25
```

Os respondentes têm opiniões muito discrepantes entre si. Apenas os respondentes 1 e 10 (Kappa = 0,667) e os respondentes 5 e 9 (Kappa = 0,851) responderam de forma semelhante.

2. Consistencia interna

Coefficiente Alfa

Geral:

```
psych::alpha(dados, check.keys=TRUE)$total$std.alpha
```

```
## Warning in psych::alpha(dados, check.keys = TRUE): Some items were negatively correlated with total
## This is indicated by a negative sign for the variable name.
## [1] 0.9055759
```

O valor de alfa para todas as variáveis foi de 0,90, o que significa boa confiabilidade de que as variáveis mensuráveis estão relacionadas com seus respectivos constructos.

A verificação de consistência interna deve ser verificada para cada constructo, como segue.

Estrutura:

```
estrutura <- dplyr::select(dados, c(Recurso, Predial, ADM))
psych::alpha(estrutura)$total$std.alpha
```

```
## [1] 0.8408071
```

Conhecimento:

```
conhecimento <- dplyr::select(dados, c(Assimilado, Dominio.prof, Grade, Avaliacao))
psych::alpha(conhecimento, check.keys=TRUE)$total$std.alpha
```

```
## Warning in psych::alpha(conhecimento, check.keys = TRUE): Some items were negatively correlated with
## This is indicated by a negative sign for the variable name.
## [1] 0.6846601
```

O fator conhecimento apresentou alfa de 0,68, o que significa consistência interna fraca. Observando a matriz de correlação, as variáveis “Assimilado” e “Grade” são as únicas dentre as que compõem o fator “Conhecimento” a apresentar correlação alta. O teste será refeito, mas excluindo as demais variáveis que excluem esse constructo.

```
conhecimento2 <- dplyr::select(dados, c(Assimilado, Grade))
psych::alpha(conhecimento2)$total$std.alpha
```

```
## Warning in matrix(unlist(drop.item), ncol = 10, byrow = TRUE): comprimento
## dos dados [16] não é um submúltiplo ou múltiplo do número de colunas [10]
## [1] 0.9158426
```

Retirando as variáveis “Dominio.prof” e “Avaliação” o resultado do alfa foi de 0,92, uma melhora considerável da consistência interna.

Comodidade:

```
comodidade <- dplyr::select(dados, c(Acesso, Horario, Periodicidade))  
psych::alpha(comodidade)$total$std.alpha
```

```
## [1] 0.8582579
```

Ademais, “Comodidade” e “Estrutura” demonstraram grande consistência interna.

Validade

2. Constructo

A. Validade Convergente e Validade Discriminante

```
Satisfacao_cfa_model<-"ESTRUTURA =~ Recurso+Predial+ADM  
CONHECIMENTO =~Assimilado+Dominio.prof+Grade+Avaliacao  
COMODIDADE =~ Horario+Acesso+Periodicidade"
```

```
Satisfacao_CFA<-lavaan::cfa(model=Satisfacao_cfa_model, data=dados)
```

```
## Warning in lav_object_post_check(object): lavaan WARNING: some estimated ov  
## variances are negative
```

```
# Summarize results with fit measures and standardized estimates  
summary(Satisfacao_CFA, fit.measures=T, standardized=T)
```

```
## lavaan 0.6-3 ended normally after 59 iterations
```

```
##
```

```
## Optimization method NLMINB
```

```
## Number of free parameters 23
```

```
##
```

```
## Number of observations 11
```

```
##
```

```
## Estimator ML
```

```
## Model Fit Test Statistic 156.804
```

```
## Degrees of freedom 32
```

```
## P-value (Chi-square) 0.000
```

```
##
```

```
## Model test baseline model:
```

```
##
```

```
## Minimum Function Test Statistic 235.490
```

```
## Degrees of freedom 45
```

```
## P-value 0.000
```

```
##
```

```
## User model versus baseline model:
```

```
##
```

```
## Comparative Fit Index (CFI) 0.345
```

```
## Tucker-Lewis Index (TLI) 0.079
```

```
##
```

```
## Loglikelihood and Information Criteria:
```

```
##
```

```

## Loglikelihood user model (H0) -109.122
## Loglikelihood unrestricted model (H1) -30.720
##
## Number of free parameters 23
## Akaike (AIC) 264.244
## Bayesian (BIC) 273.395
## Sample-size adjusted Bayesian (BIC) 204.142
##
## Root Mean Square Error of Approximation:
##
## RMSEA 0.595
## 90 Percent Confidence Interval 0.504 0.690
## P-value RMSEA <= 0.05 0.000
##
## Standardized Root Mean Square Residual:
##
## SRMR 0.197
##
## Parameter Estimates:
##
## Information Expected
## Information saturated (h1) model Structured
## Standard Errors Standard
##
## Latent Variables:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
## ESTRUTURA =~
## Recurso 1.000 0.644 0.531
## Predial 2.209 1.085 2.036 0.042 1.423 1.147
## ADM 0.835 0.456 1.832 0.067 0.538 0.549
## CONHECIMENTO =~
## Assimilado 1.000 1.089 0.978
## Dominio.prof 0.067 0.106 0.633 0.527 0.073 0.189
## Grade 0.617 0.119 5.182 0.000 0.671 0.859
## Avaliacao -0.208 0.160 -1.296 0.195 -0.226 -0.367
## COMODIDADE =~
## Horario 1.000 1.116 0.868
## Acesso 0.892 0.181 4.920 0.000 0.996 0.946
## Periodicidade 0.673 0.285 2.361 0.018 0.750 0.619
##
## Covariances:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
## ESTRUTURA ~~
## CONHECIMENTO 0.452 0.345 1.313 0.189 0.645 0.645
## COMODIDADE 0.331 0.290 1.141 0.254 0.461 0.461
## CONHECIMENTO ~~
## COMODIDADE 1.183 0.557 2.122 0.034 0.974 0.974
##
## Variances:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
## .Recurso 1.056 0.429 2.460 0.014 1.056 0.718
## .Predial -0.487 0.432 -1.127 0.260 -0.487 -0.316
## .ADM 0.669 0.273 2.451 0.014 0.669 0.698
## .Assimilado 0.055 0.058 0.942 0.346 0.055 0.044

```

##	.Dominio.prof	0.143	0.061	2.344	0.019	0.143	0.964
##	.Grade	0.161	0.072	2.245	0.025	0.161	0.263
##	.Avaliacao	0.329	0.141	2.341	0.019	0.329	0.865
##	.Horario	0.408	0.190	2.146	0.032	0.408	0.247
##	.Acesso	0.116	0.077	1.511	0.131	0.116	0.105
##	.Periodicidade	0.908	0.392	2.318	0.020	0.908	0.617
##	ESTRUTURA	0.415	0.415	1.000	0.317	1.000	1.000
##	CONHECIMENTO	1.185	0.531	2.233	0.026	1.000	1.000
##	COMODIDADE	1.244	0.687	1.811	0.070	1.000	1.000

O modelo desconsiderou a composição das variáveis “Dominio.prof” e “Avaliacao” pelo fator “CONHECIMENTO” não foram significantes, sendo retirada no ajuste seguinte.

```
Satisfacao_cfa_model<-"ESTRUTURA =~ Recurso+Predial+ADM
CONHECIMENTO =~Assimilado+Grade
COMODIDADE =~ Horario+Acesso+Periodicidade"
```

```
Satisfacao_CFA<-lavaan::cfa(model=Satisfacao_cfa_model, data=dados)
```

```
## Warning in lav_object_post_check(object): lavaan WARNING: covariance matrix of latent variables
## is not positive definite;
## use lavInspect(fit, "cov.lv") to investigate.
```

```
# Summarize results with fit measures and standardized estimates
summary(Satisfacao_CFA, fit.measures=T, standardized=T)
```

```
## lavaan 0.6-3 ended normally after 44 iterations
```

```
##
## Optimization method NLMINB
## Number of free parameters 19
##
## Number of observations 11
##
## Estimator ML
## Model Fit Test Statistic 41.126
## Degrees of freedom 17
## P-value (Chi-square) 0.001
##
## Model test baseline model:
##
## Minimum Function Test Statistic 116.710
## Degrees of freedom 28
## P-value 0.000
##
## User model versus baseline model:
##
## Comparative Fit Index (CFI) 0.728
## Tucker-Lewis Index (TLI) 0.552
##
## Loglikelihood and Information Criteria:
##
## Loglikelihood user model (H0) -95.255
## Loglikelihood unrestricted model (H1) -74.692
##
## Number of free parameters 19
## Akaike (AIC) 228.511
```



```

## Bayesian (BIC) 236.071
## Sample-size adjusted Bayesian (BIC) 178.862
##
## Root Mean Square Error of Approximation:
##
## RMSEA 0.359
## 90 Percent Confidence Interval 0.220 0.501
## P-value RMSEA <= 0.05 0.001
##
## Standardized Root Mean Square Residual:
##
## SRMR 0.082
##
## Parameter Estimates:
##
## Information Expected
## Information saturated (h1) model Structured
## Standard Errors Standard
##
## Latent Variables:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
## ESTRUTURA =~
## Recurso 1.000 1.017 0.839
## Predial 1.034 0.319 3.235 0.001 1.052 0.848
## ADM 0.665 0.269 2.474 0.013 0.677 0.691
## CONHECIMENTO =~
## Assimilado 1.000 1.065 0.957
## Grade 0.648 0.126 5.160 0.000 0.690 0.883
## COMODIDADE =~
## Horário 1.000 1.169 0.909
## Acesso 0.775 0.177 4.383 0.000 0.906 0.861
## Periodicidade 0.756 0.241 3.136 0.002 0.884 0.729
##
## Covariances:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
## ESTRUTURA ~~
## CONHECIMENTO 0.879 0.478 1.841 0.066 0.811 0.811
## COMODIDADE 1.058 0.559 1.895 0.058 0.890 0.890
## CONHECIMENTO ~~
## COMODIDADE 1.252 0.573 2.186 0.029 1.006 1.006
##
## Variances:
## Estimate Std.Err z-value P(>|z|) Std.lv Std.all
## .Recurso 0.436 0.267 1.632 0.103 0.436 0.296
## .Predial 0.431 0.274 1.574 0.116 0.431 0.280
## .ADM 0.501 0.241 2.081 0.037 0.501 0.523
## .Assimilado 0.105 0.097 1.075 0.283 0.105 0.084
## .Grade 0.135 0.068 1.982 0.047 0.135 0.221
## .Horário 0.287 0.159 1.810 0.070 0.287 0.174
## .Acesso 0.286 0.137 2.085 0.037 0.286 0.259
## .Periodicidade 0.690 0.304 2.271 0.023 0.690 0.469
## ESTRUTURA 1.035 0.629 1.646 0.100 1.000 1.000
## CONHECIMENTO 1.135 0.534 2.126 0.033 1.000 1.000
## COMODIDADE 1.366 0.701 1.948 0.051 1.000 1.000

```

Considerando a limitação do número amostral e a natureza das observações, o resultado pode ser considerado adequado.

```
# Construct validity
semTools::reliability(Satisfacao_CFA)
```

```
##          ESTRUTURA CONHECIMENTO COMODIDADE      total
## alpha  0.8370166      0.8855721  0.8546218 0.9331839
## omega  0.8464070      0.9278901  0.8738976 0.9477861
## omega2 0.8464070      0.9278901  0.8738976 0.9477861
## omega3 0.8399523      0.9278909  0.8901141 0.9513208
## avevar 0.6551460      0.8705885  0.7014719 0.7143384
```

Os coeficientes ômega indicam que nenhum dos constructos é convergente, enquanto a variância média extraída demonstra que todos os constructos são discriminantes. Ou seja, sabe-se que não se está medindo a mesma grandeza em constructos diferentes, porém, eles não possuem relação uns com os outros (isso trás implicações na busca de um escore geral).